

**Секция 1. Химия и химическая технология неорганических веществ и материалов**

Полученные результаты показали, что степень извлечения циркония из сернокислых растворов составляет 98–99%. Выявлено, что достигается синергетический эффект за счет оптимального сочетания уровня кислотности исходного раствора и количества вводимой смеси, содержащей фторид-ион. Так, при снижении концентрации серной кислоты в растворе ниже 10 г/дм<sup>3</sup> с введением фторидной смеси с 10% избытком от стехиометрического количества необходимого для осаждения циркония наблюдается резкое снижение извлечения циркония. При повышенных концентрациях серной кислоты более 400 г/дм<sup>3</sup> введение избыточного количества фторид-ионов способствует появлению в циркониевом осадке фторида натрия. Наиболее оптимальным является осаждение в интервале кислотности 10–400 г/дм<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. При этом снижается общий солевой фон и плотность растворов, что более благоприятно для гравиметрических методов и улучшения фильтруемости

пульпы. Захваченные при соосаждении фториды титана (IV) и железа (III) растворяются в присутствии избытка фторид-иона с образованием растворимых комплексных фторидов. Основными примесями полученного циркониевого концентрата остаются ионы натрия и сульфат-ион из состава маточного раствора, которые после тщательной отмывки легко удаляются.

Сложность и многокомпонентность растворов переработки красных шламов глиноземного производства ставит перед исследователями задачи по поиску новых решений, которые можно было бы комбинировать с уже известными способами разделения целевых компонентов. В данной работе опробовано использование известных приемов на новых впервые полученных объектах на основе техногенного сырья. Выявлены условия получения ценного продукта – фторидного циркониевого концентрата, который уже в таком составе найдет своего потребителя.

**Список литературы**

1. Шагно И.В. *Химия и технология редких и рассеянных элементов*. – М.: Высшая школа, 1976. – Ч.2. – 360с.

## **ПЕНОСТЕКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

К.М. Миргазиева, К.С. Лаврова

Научный руководитель – д.т.н., профессор О.В. Казьмина

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, datkamir@mail.ru*

В настоящее время активно ведутся научные работы по разработке эффективных пеностекловых материалов, обладающих комплексом свойств, требуемых развивающимися отраслями науки и техники. В частности, исследуется возможность использования таких материалов в качестве среды, активно взаимодействующей с электромагнитным излучением (ЭМИ). Пеностекло является одним из перспективных материалов, которое обладает способностью поглощать электромагнитное излучения, возможностью защиты в широком диапазоне частот, а также влагостойкостью, негорючестью и технологичностью [1, 2]. В данной работе с целью увеличения поглощающей способности пеностекла введен дополнительный компонент в виде углеродных нанотрубок (УНТ).

Цель работы – сравнительный анализ коэффициента поглощения пеностекла модифицированного углеродными нанотрубками и не модифицированного.

В качестве основы для получения пеностекла выбран бой лампового стекла (марка СЛ-96) Томского электролампового завода. По химическому составу данное стекло относится к силикатным (табл. 1).

При использовании УНТ имеется проблема их равномерного распределения в пенообразующей смеси, поэтому в работе опробован вариант приготовления смеси путем введения УНТ в виде предварительно полученного премикса. Компонентный состав премикса содержит такие добавки как, олеиновая кислота, жидкое стекло, порошок стекла и УНТ (табл. 1). Для пригото-

**Таблица 1.** Химический состав стекла марки СЛ-96 и компонентный состав премикса

Содержание оксидов, масс. %							
SiO <sub>2</sub>	CaO	BaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
71,3	5,3	2,0	3,8	15,8	1,0	0,1	0,4
Содержание компонентов, масс. %							
сажа	УНТ		олеиновая кислота	жидкое стекло		стекло порошок	
0,5	0,5		0,5	7,1		10,9	

ленных смесей определялся коэффициент вспенивания, значение которого сильно зависит от температурного режима вспенивания. Согласно полученным данным установлено, что оптимальным режимом вспенивания является 820 °С с выдержкой 20 минут (рис. 1).

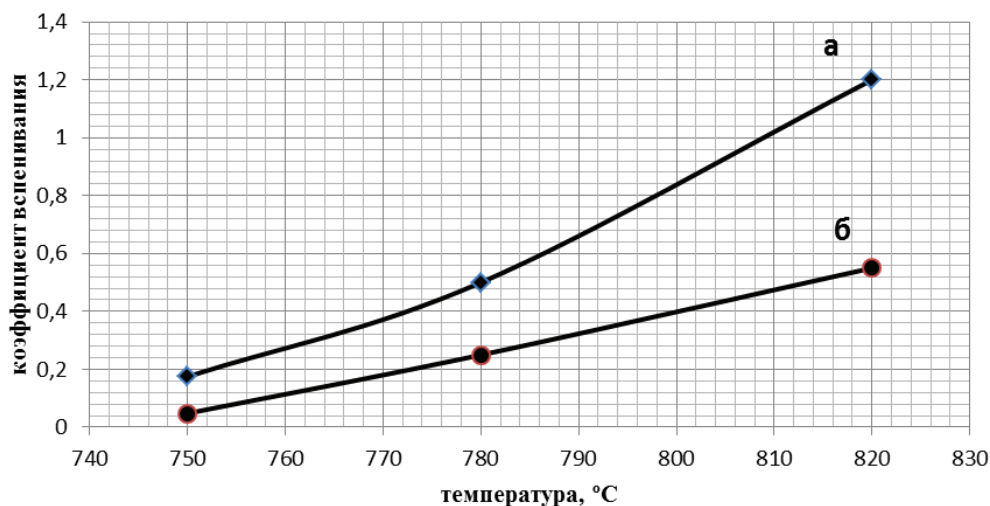
Для образцов, полученных при данном температурном режиме, определены значения коэффициентов прохождения и поглощения (табл. 2). Установлено, что образцы с УНТ и без имеют близкие коэффициенты поглощения на частоте 120 ГГц, и в среднем в два раза меньше значе-

ния коэффициента прохождения для модифицированного пеностекла по сравнению с пеностеклом без добавок.

Таким образом, пеностекло, модифицированное углеродными нанотрубками, активно взаимодействует с электромагнитным излучением и может быть использовано для создания: защитных экранов, снижающих вредное влияние ЭМИ на биологические объекты; безэховых камер и помещений с низким уровнем электромагнитного фона.

**Таблица 2.** Коэффициенты прохождения и поглощения

Количество УНТ, мас. %	Коэффициенты на частоте, дБ			
	прохождения		поглощения	
	120 ГГц	260 ГГц	120 ГГц	260 ГГц
0	-4,0	-11,2	-2,2	-0,15
0,5	-7,0	-24,0	-2,3	-0,30

**Рис. 1.** Зависимость коэффициента вспенивания образца от температуры и выдержки вспенивания: а — 20 мин.; б — 15 мин.

### Список литературы

1. O. Kazmina, V. Suslyayev, M. Dushkina, B. Semukhin. Characterization of porous glass-ceramic material as absorber of electromagnetic

radiation. // International Scientific Conference on "Radiation-Thermal Effects and Processes in Inorganic Materials, 2014.— Vol.81.— P.1–4.

2. *F. Qin. and C. A. Brosseau Review and analysis of mi-crowave absorption in polymer composites*

*filled with carbonaceous particles. // Journal of applied physics, 2012.– Vol.111.– P.5–11.*

## РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ В УСЛОВИЯХ СГОРАНИЯ НАНОПОРОШКА АЛЮМИНИЯ В ВОЗДУХЕ

А.В. Мостовщиков, Л.О. Роот

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор А.П. Ильин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, pasembellum@mail.ru

Известно, что нитрид алюминия обладает уникальными свойствами: высокой теплопроводностью ( $\lambda > 250$  Вт/м<sup>2</sup>·с) и одновременно низкой электропроводностью ( $\rho < 10^{13}$  Ом·м) [1]. В то же время, технология изготовления изделий из нитрида алюминия осложнена отсутствием жидкой фазы при нагревании: выше 2400 °С нитрид алюминия испаряется. Поэтому технология получения нитрида алюминия связана с длительным нагреванием  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с коксом при 1600–1700 °С, размолотом продукта и повторном его азотировании. Спекание изделий из нитрида алюминия осуществляется с использованием метода горячего прессования в среде особо чистого азота.

Установлено, что при сгорании порошкообразного алюминия в воздухе в конечных продуктах стабилизируются более 30 мас.% нитрида алюминия, что не находит термодинамического объяснения: нитрид алюминия, согласно расчетам [2], может образовываться в качестве промежуточного продукта, но он должен доокисляться до оксида алюминия.

Целью данной работы являлся поиск физических способов увеличения выхода нитрида алюминия в конечных продуктах сгорания порошков алюминия в воздухе.

В работе по горению нанопорошка (НП) алюминия [3] было установлено, что при горении относительно небольших по массе навесок (< 0,5 г) процесс происходил в одну стадию (600–800 °С), и нитрид алюминия не формировался. Если навеска НП превосходила 1 г, то горение

после низкотемпературной стадии переходило во вторую высокотемпературную стадию (2200–2400 °С), сопровождавшуюся ярким свечением в видимой и ИК областях спектра. Эта стадия горения протекала в режиме теплового взрыва. С увеличением массы навески условия горения приближались к адиабатическим с повышением температуры и светимости горящей системы Al–O<sub>2</sub>–N<sub>2</sub>. При достижении массы навески 15 г выход нитрида алюминия возрос до 66%, причем уже при 10–12 г произошло замедление роста выхода нитрида алюминия при сгорании НП алюминия в воздухе.

При сгорании НП алюминия в воздухе в постоянном магнитном поле (0,34 Тл) в алуновом тигле выход нитрида алюминия составил 83%. Благодаря дополнительной теплоизоляции при горении в тигле наблюдались более высокая температура и светимость [4].

При горении консолидированного НП алюминия (пористость 66%) в поле синхротронного излучения ( $\lambda = 0,10173$  нм) в составе конечных продуктов сгорания в среднем стабилизировалось 86% нитрида алюминия [5].

Формирование самостоятельной кристаллической фазы нитрида алюминия предполагает на определенной стадии горения взаимодействие только азота с алюминием. Неучастие кислорода в окислении алюминия может быть объяснено дезактивацией молекул кислорода под действием электромагнитного излучения: фотохимического перехода парамагнитного бирадикала O≡O в прочную неактивную молекулу O≡O [6].

### Список литературы

1. Иванов С.Н., Попов П.А., Егоров Г.В. и др. Теплофизические свойства керамического нитрида алюминия // Физика твердого тела, 1997.– Т.39.– №1.– С.93–96.
2. Боборыкин В.М., Гремячкин В.М., Истратов

А.Г. и др. О влиянии азота на горение алюминия // Физика горения и взрыва, 1983.– Т.19.– №3.– С.22–29.

3. Ильин А.П., Проскуровская Л.Т. Особенности окисления металлов в ультрадисперс-